

DMIs类杀菌剂对小麦赤霉病菌室内活性和田间防效的比较

陈蕾丽^{1*}, 许江岩², 倪亚骏¹, 马甜甜², 王宁², 岳明珠², 潘登², 潘以楼^{2#}

¹江苏省农垦农业股份有限公司, 江苏 南京

²句容市希望农业科技咨询服务中心, 江苏 句容

收稿日期: 2022年6月6日; 录用日期: 2022年7月4日; 发布日期: 2022年7月11日

摘要

目的: 为比较DMIs (甾醇脱甲基抑制剂)类杀菌剂对小麦赤霉病菌的活性和对赤霉病的防治效果, 为生产上杀菌剂的选择提供技术支撑。方法: 采用平皿法测定了12种DMIs杀菌剂对禾谷镰孢菌菌丝生长的抑制活性和在田间比较了11种DMIs杀菌剂对小麦赤霉病的防治效果。结果: 试验结果表明, 以EC₅₀值作为指标, 对禾谷镰孢菌菌丝生长的抑制活性由高到低依次为叶菌唑 > 丙硫菌唑 > 苯醚甲环唑 > 戊唑醇 > 烯唑醇 > 咪鲜胺 > 氟环唑 > 丙环唑 > 己唑醇 > 氟硅唑 > 三唑酮 > 腈菌唑。以EC₉₅值为指标, 抑菌活性由高到低的顺序是丙硫菌唑 > 咪鲜胺 > 戊唑醇 > 烯唑醇 > 氟硅唑 > 苯醚甲环唑 > 叶菌唑 > 氟环唑 > 腈菌唑 > 三唑酮 > 丙环唑 > 己唑醇。田间试验结果表明, 在扬花初期和盛花期喷雾两次, 11种DMIs杀菌剂中对小麦赤霉病的防治效果较好的是480 g/L丙硫菌唑SC (450 ml/hm²)、40%叶菌唑SC (300 ml/hm²), 其防治效果达70%以上, 其次是40%氟硅唑EC (300 ml/hm²)和12.5%烯唑醇WP (750 g/hm²), 其防治效果在50%~60%之间。结论: 通过室内和田间比较, 确定丙硫菌和叶菌唑作为主要杀菌剂品种可用于小麦赤霉病的防治, 其效果优于其它DMIs杀菌剂。

关键词

小麦赤霉病, 禾谷镰孢菌, DMIs杀菌剂, 抑菌活性, 防治效果

Comparison of Inhibition Activity and Control Effect of DMIs Fungicides against Fusarium Head Blight of Wheat

Leili Chen^{1*}, Jiangyan Xu², Yajun Ni¹, Tiantian Ma², Ning Wang², Mingzhu Yue², Deng Pan², Yilou Pan^{2#}

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 陈蕾丽, 许江岩, 倪亚骏, 马甜甜, 王宁, 岳明珠, 潘登, 潘以楼. DMIs类杀菌剂对小麦赤霉病菌室内活性和田间防效的比较[J]. 农业科学, 2022, 12(7): 517-523. DOI: 10.12677/hjas.2022.127075

¹Jiangsu Provincial Agricultural Reclamation and Development Corporation, Nanjing Juangsu

²Hope Agricultural Science and Technology Consulting Service Centre of Jurong, Jurong Jiangsu

Received: Jun. 6th, 2022; accepted: Jul. 4th, 2022; published: Jul. 11th, 2022

Abstract

Objective: In order to compare the activities of DMIs fungicides (sterol demethylation inhibitors) against *Fusarium graminearum* and their control effect against Fusarium headblight, and to provide technical supports for the selection of fungicides in production. **Method:** The inhibitory activities of 12 DMIs fungicides against *Fusarium graminearum* mycelial growth were measured by plate method, and the control effects of 11 DMIs fungicides against wheat head blight were compared in field. **Result:** The results showed that with EC₅₀ value as the index, the order of inhibitory activity on mycelial growth of *F. graminearum* from high to low was metconazole > prothioconazole > difenoconazole > tebuconazole > diniconazole > prochloraz > epoxiconazole > propiconazole > hexaconazole > flusilazole > triadimefon > myclobutanil. With EC₉₅ value as the index, the order of inhibitory activity on mycelial growth of *F. graminearum* from high to low was prothioconazole > prochloraz > tebuconazole > diniconazole > flusilazole > difenoconazole > metconazole > epoxiconazole > myclobutanil > triadimefon > propiconazole > hexaconazole. The best control effect of 11 DMIs fungicides on fusarium head blight of wheat was 480/L prothioconazole SC (450 ml/hm²) and 40% metconazole SC (300 ml/hm²), and control effect was more than 70%. Followed by 40% flusilazole EC (300 ml/hm²) and 12.5% diniconazole WP (750 g/hm²), the control effect was between 50% and 60%. **Conclusion:** Through indoor and field comparison, it was determined that prothioconazole and metconazole could be used as the main fungicides for the control of wheat fusarium head blight, and their effects were better than other DMIs fungicides.

Keywords

Fusarium Head Blight, *Fusarium graminearum*, DMIs Fungicides, Inhibitory Activity, Control Effect

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

研究的重要意义：小麦赤霉病是全世界小麦产区最重要的病害之一[1]；近年来，因为耕作制度、肥水条件和气候变化等因素的改变，小麦赤霉病在长江中下游冬麦区的流行频度、危害程度均有加重的趋势[2]。小麦赤霉病的流行不仅造成小麦严重减产，赤霉病菌还产生多种真菌而污染小麦，对人畜健康造成影响，严重影响了小麦的品质与商品价值[3]。而生产上还没有高抗赤霉病的高产品种[4]，化学防治是控制赤霉病的主要措施，其中以多菌灵单剂或以多菌灵主体和其它杀菌剂复配的成为本世纪初以前生产上最主要的防治品种[5]。前人研究进展：目前生产上采用的杀菌剂主要有苯并咪唑类、三唑类、氟烯菌酯[6] [7]以及氟唑菌酰胺[8]。更多的研究人员把甾醇脱甲基抑制剂类(DMIs)杀菌剂(三唑类、酰胺类)作为防治赤霉病的单剂品种或复配剂品种进行了室内和田间的筛选工作，以期丰富防治赤霉病的杀菌剂品种[9]-[16]。

研究切入点：DMIs 杀菌剂种类较多，赤霉病菌的菌株各地也有差异，不同菌株对同一药的剂的敏感性也有所差异[17]。而针对 DMIs 类杀菌剂对小麦赤霉病菌的抑菌活性及田间防治效果，不同的研究者所

选用的药剂不同, 选择用菌株不同, 不同地区试验条件也有所差异, 这类药剂对赤霉菌活性和田间对赤霉病防治效果的优劣, 还不能完全说明。拟解决的关键问题: 为此, 笔者选择 12 种常用的 DMIs 杀菌剂, 在相同条件下, 比较其室内和田间对赤霉病的控制效果, 为在生产上选择活性或效果更高的品种用于生产上赤霉病防治提供技术支撑。

2. 材料和方法

2.1. 供试药剂

供试药剂用其来源见表 1。

Table 1. Test fungicides and their sources

表 1. 供试药剂及来源

供试药剂	来源
97.4%戊唑醇 TC ¹	张家港天亨化工有限公司
99.6%氟硅唑 TC	江苏建农农药化工有限公司
97%氟环唑 TC	江苏辉丰农化股份有限公司
98.7%三唑酮 TC	江苏盐城利民农化有限公司
95.1%己唑醇 TC	江苏盐城利民农化有限公司
95%丙环唑 TC	江苏扬农化工股份有限公司
96%腈菌唑 TC	江苏健谷化工有限公司
96%苯醚甲环唑 TC	江苏中旗科技股份有限公司
97.37%咪鲜胺 TC	江苏辉丰农化股份有限公司
93%烯唑醇 TC	江苏剑牌农药化工有限公司
95.3%叶菌唑 TC	江苏辉丰农化股份有限公司
97%丙硫菌唑 TC	江苏莱科化学有限公司
5%己唑醇 SC	安徽丰乐农化有限公司
80%戊唑醇 WP	上海悦联生物科技有限公司
25%三唑酮 WP	江苏剑牌农化股份有限公司
12.5%氟环唑 SC	江苏辉丰农化股份有限公司
25%咪鲜胺 EC	江苏辉丰农化股份有限公司
40%叶菌唑 SC	江苏辉丰农化股份有限公司
250 g/L 丙环唑 EC	盐城利民农化有限公司
40%氟硅唑 EC	江苏建农植物保护有限公司
12.5%烯唑醇 WP	盐城利民农化有限公司
480 g/L 丙硫菌唑 SC	上海泰禾化工有限公司
10%苯醚甲环唑 WG	江苏瑞东农药有限公司

注 ¹: TC——原药, EC——乳油, SC——悬浮剂, WP——可湿性粉剂, WG——水分散颗粒剂。

2.2. 室内活性测定

1) 供试菌株: 供试小麦赤霉病菌来源于句容市小麦病穗, 采用组织分离法获得的菌株, 经 ITs 鉴定为禾谷镰孢菌(*Fusarium graminearum*)的 FF15-24 菌株(敏感菌株)用于室内测定。

2) 供试培养基: 马铃薯蔗糖琼脂培养基(PSA) [18]。

3) 测定方法: 按照“NY/T 1155.1-2006 农药室内生物测定试验准则除草剂第 1 部分: 活性试验平皿法” [19]。用丙酮和 DMF(N,N-二甲基甲酰胺)的混液(1:1)溶解供试药剂的原药至 11,000~24,300 mg/L 的母液, 再用 0.2%吐温-80 灭菌水溶液稀释各药剂的母液至所需浓度药液, 在 PSA 培养基冷却到 55℃左右时加入不同浓度的药液, 使最终 PSA 平皿的含药浓度为 5.0、1.0、0.5、0.1、0.05、0.01、0.005 mg/L, 各药剂浓度重复 3 次。在各平皿中心移入在 PSA 上预培养 3 天 FF15-24 菌株的菌片(Φ4 mm), 在 25℃下暗培养 4 d, “+”交叉测量菌落直径(mm), 并计算抑菌率。

$$\text{抑菌率(\%)} = \frac{(\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径})}{(\text{对照菌落直径} - 4)} \times 100$$

应用抑菌率的几率值和药剂浓度的对数值计算毒力回归式, 并计算各药剂抑菌 50%和 95%的 EC_{50} 值和 EC_{95} 值。所有计算均用 DPS9.05 进行。

2.3. 田间试验

1) 试验田基本概况: 试验田位于江苏省句容市白兔镇行香村镇江农科院农业创新基地, 试验地为下蜀马肝土, pH6.2。试验地于 2018 年 12 月 2 日播种, 品种郑麦 9023, 播种量 375 kg/hm², 人工撒播; 田间管理按当地常规进行。

2) 试验设计和施药方法: 试验设表 1 中 9 个供试药剂按其推荐剂量作为试验的处理剂量, 并设空白对照处理, 共 10 个处理, 每处理重复 3 次; 试验小区面积 22 m², 按随机区组排列。

试验于 2019 年 4 月 13 日和 4 月 20 日施药两次, 供试药剂按每小区施药量称取药量后, 按 600 L/hm²兑水量稀释药剂, 用丰乐 3WBD-18 背负式喷雾器均匀喷雾

3) 病害调查和药效计算: 在第二次施药后 15 d、27 d, 按“NY/T 1464.15-2007 农药田间药效试验准则第 15 部分: 杀菌剂防治小麦赤霉病” [20], 在每小区按棋盘式随机 5 点取样, 每点随机 50 穗, 调查赤霉病病穗严重度, 并计算病情指数和防治效果。

3. 结果

3.1. 室内抑菌活性

在室内比较了生产上常用的 12 种 DMIs 杀菌剂对禾谷镰刀菌菌丝生长的抑制活性; 以 EC_{50} 值比较供试药剂的活性, 结果显示供试药剂对于 *F. graminearum* 菌丝生长的抑制活性由高到低的顺序是叶菌唑 > 丙硫菌唑 > 苯醚甲环唑 > 戊唑醇 > 烯唑醇 > 咪鲜胺 > 氟环唑 > 丙环唑 > 己唑醇 > 氟硅唑 > 三唑酮 > 腈菌唑。以 EC_{95} 值比较供试药剂的对于 *F. graminearum* 菌丝生长的抑制活性, 由高到低的顺序是丙硫菌唑 > 咪鲜胺 > 戊唑醇 > 氟硅唑 > 苯醚甲环唑 > 叶菌唑 > 氟环唑 > 腈菌唑 > 三唑酮 > 丙环唑 > 己唑醇(表 2)。

表 2 结果显示, 不同药剂间抑制 *F. graminearum* 菌丝生长的 EC_{50} 值和 EC_{95} 值差异较大, 且同一药剂的 EC_{50} 值和 EC_{95} 值间没有相关性。特别是叶菌唑, 其抑制 *F. graminearum* 菌丝生长的 EC_{50} 值仅为 0.0240 mg/L, 是供试 12 种药剂中最低的, 而其 EC_{95} 值高达 62.2371 mg/L。综合 EC_{50} 值和 EC_{95} 值, 丙硫菌唑、戊唑醇、叶菌唑、咪鲜胺、烯唑醇这 5 种药剂对 *F. graminearum* 具有较高的抑菌活性。

Table 2. Inhibition activities of 12 fungicides on mycelial growth of *F. graminearum*
表 2. 12 种杀菌剂对 *F. graminearum* 菌丝生长的抑制活性

药剂	毒力回归式	相关系数	EC ₅₀ 值(95%置信限) mg/L	EC ₉₅ 值(95%置信限) mg/L
戊唑醇	$y = 5.8520 + 0.7445x$	0.9948	0.0717 (0.0592~0.0869)	11.6097 (6.7082~20.0925)
咪鲜胺	$y = 5.6363 + 1.1730x$	0.9821	0.2868 (0.1928~0.4265)	7.2419 (4.1142~12.7473)
叶菌唑	$y = 5.7803 + 0.4819x$	0.9905	0.0240 (0.0168~0.0345)	62.2371 (22.5484~171.7846)
腈菌唑	$y = 3.8501 + 1.2780x$	0.9984	7.9396 (6.9183~9.1117)	153.7653 (108.7155~217.483)
氟环唑	$y = 5.3072 + 0.7236x$	0.997	0.3763 (0.3217~0.4402)	70.5685 (47.941~103.8759)
氟硅唑	$y = 4.7276 + 1.4292x$	0.998	1.5509 (1.3780~1.7454)	21.9510 (17.3162~27.8264)
苯醚甲环唑	$y = 5.7554 + 0.6039x$	0.9376	0.0561 (0.0211~0.1492)	29.7117 (5.9983~147.1732)
丙环唑	$y = 5.2244 + 0.5469x$	0.9734	0.3888 (0.2413~0.6264)	395.7876 (87.6610~1786.9722)
己唑醇	$y = 5.0212 + 0.5143x$	0.9533	0.9095 (0.4583~1.8047)	1434.54 (133.87~15372.3615)
三唑酮	$y = 4.6400 + 0.7952x$	0.9884	2.8356 (1.9867~4.0471)	331.8980 (125.8381~875.3813)
烯唑醇	$y = 5.6750 + 0.7562x$	0.9861	0.1280 (0.0877~0.1870)	19.1695 (9.7970~37.5087)
丙硫菌唑	$y = 6.7142 + 1.1696x$	0.9833	0.0342 (0.0236~0.0496)	0.8724 (0.4919~1.5472)

3.2. 田间药效比较

在室内测定表明, 腈菌唑对小麦赤霉病菌和抑制活性较低, 因此在田间试验中比较了 11 种 DMIs 杀菌剂对小麦赤霉病的防治效果, 结果表明, 在施药后 15 天, 对赤霉病具有较好防治效果的有 480 g/L 丙硫菌唑、40%叶菌唑 SC、40%氟硅唑 EC、25%咪鲜胺 EC 和 12.5%氟环唑 SC; 而在生产上应用较广的戊唑醇对赤霉病的防治效果较低, 仅为 33.33%; 施药后 27 天调查结果表明, 同样是丙硫菌唑、叶菌唑、氟硅唑、咪鲜胺和氟环唑对赤霉病防治效果较好, 尤其是丙硫菌唑和叶菌唑的防治效果可达 80%以上(表 3)。

Table 3. Control effect of DMIs fungicides on fusarium head blight of wheat
表 3. DMIs 杀菌剂对小麦赤霉病的防治效果

药剂	施药量 (g. ml/hm ²)	施药后 15 天		施药后 27 天	
		病情指数 ¹	防效%	病情指数	防效%
5%己唑醇 SC	1200	4.22cd	60.38	13.87bcd	50.25
80%戊唑醇 WP	150	6.62bc	37.90	18.58abc	33.33
25%三唑酮 WP	750	8.08ab	24.17	21.63ab	22.40
12.5%氟环唑 EC	900	4.10cd	61.51	12.25bcd	56.03
25%咪鲜胺 EC	750	3.03cd	71.54	11.74bcd	57.88
40%叶菌唑 SC	300	2.00d	81.27	7.96cd	71.44
250 g/L 丙环唑 EC	525	6.72bc	36.93	16.37bcd	41.27

Continued

480 g/L 丙硫菌唑 SC	450	1.36d	87.27	5.94d	78.69
10%苯醚甲环唑 WG	300	5.05bcd	52.60	13.88bcd	50.21
12.5%烯唑醇 WP	750	3.19cd	70.04	7.00cd	74.88
40%氟硅唑 EC	300	3.59cd	66.35	9.09cd	67.40
CK		10.66a		27.87a	

注¹: 表中病情指数是3次重复的平均值; 平均值后字母不同表示在 $p = 0.05$ 下差异显著。

4. 讨论

1) 室内测定结果表明, 在供试的12种DMIs杀菌剂中, 对小麦赤霉病菌抑菌较高有丙硫菌唑、叶菌唑、戊唑醇、咪唑胺和烯唑醇, 其抑制小麦赤霉病菌菌丝生长的 EC_{50} 值分别为 0.0342 mg/L、0.0240 mg/L、0.0717 mg/L、0.2868 mg/L 和 0.1280 mg/L; 这个试验结果与谷春艳等[10]、段成鼎等[11]、侯昌亮等[12]的测定结果有所差异, 这可能与所用菌株和培养基不同有关。笔者在同一条件下测定了12种DMIs杀菌剂对小麦赤霉病菌的抑制活性, 可以更好地比较同类药剂的抑菌活性, 以选择更高效的杀菌剂作为研究的基础。

2) 从室内测定的12种DMIs杀菌剂中, 因为腈菌唑对小麦赤霉病菌的抑菌活性较低, 因而在田间比较了11种DMIs杀菌剂对小麦赤霉病的防治效果, 结果显示, 丙硫菌唑和叶菌唑对小麦赤霉病的防治效果较好; 这与谷春艳等[10]和孙小平[14]的田间试验结果较为相近。而生产上常用于和多菌灵或甲基硫菌灵混配使用的三唑酮、戊唑醇对赤霉病的防治效果偏低, 这与以前的试验报道差异较大; 是否因为施药时间、赤霉病发病程度不同有关还有待进一步研究。

3) 通过在同等条件下比较12种DMIs杀菌剂对小麦赤霉病菌的抑菌效果和对小麦赤霉病的防治效果, 对于药剂的效果的评价更为准确和客观; 通过室内和田间比较, 丙硫菌唑、叶菌唑、烯唑醇对小麦赤霉病具有较好的效果, 可以在生产直接应用或作为与其它杀菌剂混配使用。

参考文献

- [1] 温明星, 陈爱大, 杨红福, 曲朝喜. 小麦抗赤霉病研究进展[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(8): 113-115.
- [2] 杨荣明, 吴燕, 朱凤, 朱先敏. 2010年江苏省小麦赤霉病流行特点及防治对策探讨[J]. 中国植保导刊, 2011, 31(2): 16-19.
- [3] 陈云, 王建强, 杨荣明, 马忠华. 小麦赤霉病发生危害形势及防控对策[J]. 植物保护, 2017, 43(5): 11-17.
- [4] 张爱民, 阳文龙, 李欣, 孙家柱. 小麦抗赤霉病研究现状与展望[J]. 遗传, 2018, 40(10): 858-873.
- [5] 王建新. 禾谷镰孢菌对多菌灵抗药性研究[D]. [硕士学位论文]. 南京: 南京农业大学, 2000: 4-8.
- [6] 钱恒伟, 迟梦宇, 黄金光. 小麦赤霉病菌抗药性研究进展[J]. 中国植保导刊, 2016, 36(4): 19-25.
- [7] 杨红福, 姚克兵, 缪康, 束兆林, 张开朗, 吉沐祥. 江苏省防控小麦赤霉病主要药剂及其复配剂药效评价[J]. 中国农学通报, 2014, 30(28): 264-269.
- [8] 缪康, 吴佳文, 王晓芸, 吴琴燕, 周华飞, 杨红福. 氟唑菌酰胺不同施药时间对小麦赤霉病防效及 DON 毒素控制研究[J]. 金陵科技学院学报, 2020, 36(1): 71-74.
- [9] 韩青梅, 康振生, 段双科. 戊唑醇与叶菌唑对小麦赤霉病的防治效果[J]. 植物保护学报, 2003, 30(4): 439-440.
- [10] 谷春艳, 潘锐, 白杨, 杨雪, 王学峰, 臧昊昱, 等. 7种杀菌剂对小麦赤霉病菌的室内毒力及田间防效比较[J]. 现代农药, 2020, 19(5): 39-42+47.
- [11] 段成鼎, 王付彬, 任兰柱, 马井玉. 5种药剂对小麦赤霉病菌的室内毒力[J]. 农业科技通讯, 2016(7): 41-42.

-
- [12] 侯昌亮, 胡寒哲, 艾爽, 李俊凯. 11 种杀菌剂对小麦赤霉病菌的抑制作用[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(17): 4066-4068.
- [13] 姚克兵, 庄义庆, 尹升, 杨红福, 束兆林, 刘福海. 江苏小麦赤霉病综合防控关键技术研究[J]. 植物保护, 2018, 44(1): 205-209.
- [14] 孙小平. 丙硫菌唑等 6 种药剂对小麦赤霉病防治效果研究[J]. 农业科技通讯, 2019(7): 107-108.
- [15] 宋春霖, 岳弘辰, 林祥海, 张兰香, 赵彦翔, 黄金光. 吡唑醚菌酯与 10 种杀菌剂混配对小麦赤霉病菌的毒力测定及增效研究[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2018, 35(4): 278-282.
- [16] 吴佳文, 陆彦, 王开峰, 侍卫东, 朱慧, 范美娟, 等. 多种杀菌剂对小麦赤霉病及其 DON 毒素的防效[J]. 中国植保导刊, 2018, 38(9): 62-67.
- [17] 陈莉, 袁谦, 范志业, 赵永涛, 刘迪, 李世民. 两株禾谷镰刀菌对六种杀菌剂的敏感性测定[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(20): 84-86.
- [18] 方中达. 植病研究方法[M]. 中国农业出版社, 1998: 46.
- [19] 刘学, 陈杰, 张宏军, 张宗俭, 张佳, 张弘. NY/T 1155.1-2006. 农药室内生物测定试验准则除草剂第 1 部分: 活性试验平皿法[S]. 北京: 中华人民共和国农业部, 2006.
- [20] 朱春雨, 周明国, 沈迎春, 吴新平, 张薇, 张武军, 等. NY/T 1464.15-2007. 农药田间药效试验准则第 15 部分: 杀菌剂防治小麦赤霉病[S]. 北京: 中华人民共和国农业部, 2007.